

Beschreibung

Dünnschicht-Leuchtdiodenchip und Verfahren zu seiner Herstellung

5

Die Erfindung betrifft einen Dünnschicht-Leuchtdiodenchip mit einer auf einem Trägerelement angeordneten Epitaxieschichtenfolge, die eine elektromagnetische Strahlung erzeugende aktive Zone aufweist, und einer an einer zu dem Trägerelement hin gewandten Hauptfläche der Epitaxieschichtenfolge angeordneten reflektierenden Schicht, die zumindest einen Teil der in der Epitaxieschichtenfolge erzeugten elektromagnetischen Strahlung in diese zurückreflektiert.

10 15 Sie betrifft weiterhin ein Verfahren zur Herstellung eines derartigen Dünnschicht-Leuchtdiodenchips.

Ein Dünnpfilm-Leuchtdioden-Chip zeichnet sich insbesondere durch folgende charakteristische Merkmale aus:

20 - an einer zu einem Trägerelement hin gewandten ersten Hauptfläche einer strahlungserzeugenden Epitaxieschichtenfolge ist eine reflektierende Schicht aufgebracht oder ausgebildet, die zumindest einen Teil der in der Epitaxieschichtenfolge erzeugten elektromagnetischen Strahlung in diese zurückreflektiert;

25 - die Epitaxieschichtenfolge weist eine Dicke im Bereich von 20 µm oder weniger, insbesondere im Bereich von 10 µm auf; und

- die Epitaxieschichtenfolge enthält mindestens eine Halbleiterschicht mit zumindest einer Fläche, die eine Durchmischungsstruktur aufweist, die im Idealfall zu einer annähernd ergodischen Verteilung des Lichtes in der epitaktischen Epitaxieschichtenfolge führt, d.h. sie weist ein möglichst ergodisch stochastisches Streuverhalten auf.

35

Ein Grundprinzip eines Dünnschicht-Leuchtdiodenchips ist beispielsweise in I. Schnitzer et al., Appl. Phys. Lett. 63

(16), 18. Oktober 1993, 2174 - 2176 beschrieben, deren Offenbarungsgehalt insofern hiermit durch Rückbezug aufgenommen wird.

5 Die Strahlungsauskopplung aus elektromagnetische Strahlung emittierenden Halbleiterchips ist unter anderem aufgrund von Reflexion an den Grenzflächen des Halbleiterchips zu seiner Umgebung wegen des dortigen Sprunges im Brechungsindex verlustbehaftet (Fresnelverluste).

10 An den Grenzflächen von GaN-basierten Leuchtdiodenchips ($n_{GaN} = 2,67$) zu Luft ($n = 1$), wie es beispielsweise bei Dünn-schicht-Leuchtdiodenchips, die nicht unmittelbar mit einer Kunststoffumhüllung versehen sind, der Fall ist, liegt die
15 Reflexion an der Grenzfläche Halbleiterchip/Luft rechnerisch bei ca. 20 %.

Eine bekannte Möglichkeit zur Verbesserung der Strahlungsauskopplung ist eine Strukturierung von Halbleiterchip-
20 Oberflächen. Oberflächenstrukturierungen zur Transmissionser-höhung an Chip-Oberflächen sind beispielsweise aus der US 5,779,924 A bekannt. Die dort beschriebene Lumineszenzdiode umfasst einen Halbleiterchip, dessen äußerste Halbleiter-schicht eine dreidimensionale Strukturierung aufweist. Da-
25 durch wird die Lichtauskopplung aus dem Halbleiterchip selbst erleichtert, so daß im Chip erzeugtes Licht vermehrt aus dem Halbleiterchip in das Epoxidharz der Umgebung gelangen kann.

Ein Nachteil dieser Methode ist, daß für die Herstellung der
30 Oberflächenstrukturierung des Halbleiterchips aufwendige Ätz-verfahren verwendet werden müssen. Die gilt insbesondere für GaN-basierte Halbleiterchips.

Außerdem lassen sich die in der US 5,779,924 A beschriebenen
35 Oberflächenstrukturen wenn überhaupt, dann nur schwer mit Durchmischungsstrukturen von Dünnschicht-Leuchtdiodenchips kombinieren, deren Ziel eine zumindest annähernd ergodische

Verteilung der elektromagnetischen Strahlung in der epitaktischen Epitaxieschichtenfolge ist.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen
5 Dünnschicht-Leuchtdiodenchip anzugeben, der eine verbesserte
Strahlungsauskopplung aufweist.

Eine Aufgabe ist es weiterhin, ein Verfahren zur Herstellung
eines solchen strahlungsemittierenden Dünnschicht-
10 Leuchtdiodenchips anzugeben.

Diese Aufgaben werden durch einen Dünnschicht-
Leuchtdiodenchip mit den Merkmalen des Anspruchs 1 bzw. durch
ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 7 gelöst.
15 Vorteilhafte Ausführungsformen und Weiterbildungen des Dünnschicht-
Leuchtdiodenchips und des Verfahrens sind in den Unteransprüchen 2 bis 6 bzw. 8 bis 13 angegeben.

20 Gemäß der Erfindung ist bei einem Dünnschicht-Leuchtdioden-
chip der eingangs genannten Art auf einer vom Trägerelement
abgewandten Strahlungsauskoppelfläche der Epitaxieschichten-
folge eine strukturierte Schicht angeordnet, die ein Glasma-
terial enthält und nebeneinanderliegende, sich in Richtung
25 von der Strahlungsauskoppelfläche weg verjüngende Vorsprünge
umfaßt, mit einem lateralen Rastermaß unterhalb einer Wellen-
länge einer aus der Epitaxieschichtenfolge emittierten elektro-
magnetischen Strahlung. Das Vorliegen einer Rasterung be-
deutet dabei nicht notwendigerweise eine regelmäßige Raste-
30 rung. Liegt zumindest in Teilen eine unregelmäßige Rasterung
der Vorsprünge vor, so liegt das Rastermaß bevorzugt sowohl
im Mittel als auch von seiner maximalen Größe unterhalb einer
Wellenlänge einer aus der Epitaxieschichtenfolge emittierten
elektromagnetischen Strahlung.

35 Dadurch wird für die Strahlung die Struktur der strukturier-
ten Schicht optisch nicht aufgelöst; es liegt ein virtuell

fließender Übergang des Brechungsindexes vom unstrukturierten und somit monolithischen Bereich der strukturierten Schicht zu dem Brechungsindex des am weitesten von der Strahlungsauskoppelfläche entfernten Teils der strukturierten Schicht und somit annähernd dem Brechungsindex des umgebenden Mediums vor. Die Strukturen der strukturierten Schicht bewirken somit einen sanften Übergang der Brechzahl an der Grenzfläche von umgebendem Medium und strukturierter Schicht. Im Falle von ähnlich großen Brechungsindices von strukturierter Schicht und an dieser angrenzendem Halbleitermaterial der Epitaxieschichtenfolge ist der Brechungsindexgradient, den eine in der Epitaxieschichtenfolge erzeugte Strahlung durchlaufen muß, verglichen mit einer Epitaxieschichtenfolge ohne erfundungsgemäßer strukturierter Schicht gering. Der Anteil der am Übergang Epitaxieschichtenfolge/strukturierte Schicht/Umgebung in die Epitaxieschichtenfolge zurückreflektierten elektromagnetischen Strahlung ist gegenüber dem gleichen System ohne strukturierte Schicht deutlich verringert.

Die Erfindung ist insbesondere für Dünnschicht-Leuchtdiodenchips auf der Basis von InGaAlN, wie GaN-Dünnschicht-Leuchtdiodenchips, geeignet. Unter die Gruppe von strahlungsemittierenden und/oder strahlungsdetektierenden Chips auf der Basis von InGaAlN fallen vorliegend insbesondere solche Chips, bei denen die epitaktisch hergestellte Halbleiterschichtenfolge, die in der Regel eine Schichtenfolge aus unterschiedlichen Einzelschichten aufweist, mindestens eine Einzelschicht enthält, die ein Material aus dem III-V-Verbindungshalbleitermaterial-System $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ mit $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ und $x+y \leq 1$ aufweist. Die Halbleiterschichtenfolge kann beispielsweise einen herkömmlichen pn-Übergang, eine Doppelheterostruktur, eine Einfach-Quantentopfstruktur (SQW-Struktur) oder eine Mehrfach-Quantentopfstruktur (MQW-Struktur) aufweisen. Solche Strukturen sind dem Fachmann bekannt und werden von daher an dieser Stelle nicht näher erläutert. Prinzipiell eignet sich die Erfindung auch zur Anwendung bei strahlungsemittierenden Halbleiterchips auf der

Basis von anderen Halbleitermaterial-Systemen wie beispielsweise $In_xAl_yGa_{1-x-y}P$ mit $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ und $x+y \leq 1$ und andere III-V- oder II-VI-Verbindungshalbleitersysteme.

- 5 Mit Vorteil liegt die Breite der Vorsprünge und der Abstand direkt benachbarter Vorsprünge untereinander unterhalb einer Wellenlänge einer aus der Epitaxieschichtenfolge emittierten elektromagnetischen Strahlung.
- 10 Bevorzugt liegt die Höhe der Vorsprünge unterhalb einer Wellenlänge einer aus der Epitaxieschichtenfolge emittierten elektromagnetischen Strahlung.

Besonders bevorzugt entspricht sie in etwa dem Rastermaß.

- 15 Bei einer vorteilhaften Ausführungsform des Dünnschicht-Leuchtdiodenchips liegt der Brechungsindex der Schicht zwischen dem Brechungsindex eines Materials einer an die Strahlungsauskopffläche angrenzenden Seite der Epitaxieschichtenfolge und dem Brechungsindex eines für eine Umgebung des Dünnschicht-Leuchtdiodenchips vorgesehenen Mediums.

Bevorzugt weist die Strukturierung weitestgehend periodisch angeordnete Vorsprünge auf.

- 25 In einer bevorzugten Ausführungsform sind die Vorsprünge von außen gesehen konvex gekrümmmt. Dies bewirkt einen besonders „sanften“ Übergang der Brechzahl an der Grenzfläche strukturierte Schicht/Umgebung.
- 30 In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform ist das Glasmaterial ein Spin-on-Glas. Dieses Material ist ein verfestigtes Sol, das beispielsweise Siliciumoxid umfaßt. Die Eigenschaften und Verarbeitungsmöglichkeiten von Spin-on-Glas
- 35 sind dem Fachmann beispielsweise aus Quenzer et al., „Anodic Bonding on Glass Layers Prepared by Spin-on Glass Process: Preparation Process and Experimental Results“, Proceedings of

Transducers '01/Eurosensors XV, June 2001 bekannt, deren Offenbarungsgehalt insofern hiermit durch Rückbezug aufgenommen wird.

- 5 Bei einem erfindungsgemäßen Verfahren der eingangs genannten Art wird die auf dem Trägerelement angeordnete Epitaxieschichtenfolge bereitgestellt, auf einer dem Trägerelement abgewandten Strahlungsauskoppelfläche der Epitaxieschichtenfolge eine Schicht aufgebracht, die ein Glasmaterial enthält,
10 und auf mindestens einem Teil der Schicht eine Strukturierung eingebracht, die nebeneinanderliegende, sich in Richtung von der Strahlungsauskoppelfläche weg verjüngende Vorsprünge umfaßt mit einem lateralen Rastermaß unterhalb einer Wellenlänge einer aus der Epitaxieschichtenfolge emittierten elektromagnetischen Strahlung.
15

Vorteilhaft wird die Schicht dadurch hergestellt, daß ein noch flüssiges Spin-on-Glas auf der Strahlungsauskoppelfläche aufgebracht und thermisch derart behandelt wird, daß sich das
20 Spin-on-Glas verfestigt. Diese Vorgehensweise kann vorteilhafterweise im Waferverbund durchgeführt werden.

In einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens wird das Spin-on-Glas durch Aufschleudern und/oder Drucken aufgebracht. Insbesondere das Aufschleudern läßt sich vorteilhaft mit geringem technischem Aufwand im Waferverbund durchführen.
25

In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform des Verfahrens wird die Strukturierung in die Schicht durch Grauton-Lithographie (grey-scale lithography) eingebracht.
30

Die Grauton-Lithographie umfaßt gewöhnlich einen Belichtungsschritt der Schicht mit Hilfe einer Grautonmaske. Grautonmasken ermöglichen als sogenannte „analoge Masken“ verschiedene Bestrahlungsstärken, sodass in einem einzigen Bestrahlungsschritt dreidimensional analoge Strukturen, wie gekrümmte Flächen, erzeugt werden können. Das Grundprinzip ist bei-
35

spielsweise in Sven Warnck, „RELIEF – Massenfertigung von Low-Cost-Produkten mit Mikrorelief-Oberflächen mittels CD-Spritzguß“, Informationsreihe der VDI/VDE-Technologiezentrum Informationstechnik GmbH, Nr. 36-2002, beschrieben, deren Offenbarungsgehalt insofern hiermit durch Rückbezug aufgenommen wird.

Die Strukturierung der Schicht kann wiederum vorteilhaftweise im Waferverbund durchgeführt werden, sodaß sowohl das Aufbringen des Spin-on-Glases als auch seine Strukturierung mit einem relativ geringen technischen Aufwand möglich ist, was eine kostengünstige Herstellung ermöglicht.

Weitere Vorteile, vorteilhafte Ausführungsformen und Weiterbildungen des Dünnschicht-Leuchtdiodenchips und des Verfahrens zu dessen Herstellung ergeben sich aus dem im Folgenden in Verbindung mit den Figuren 1a) bis 1d) erläuterten Ausführungsbeispiel.

Es zeigen:

Figuren 1a) – 1d) einen Ablauf eines Verfahrens gemäß einem Ausführungsbeispiel anhand von schematischen Schnittdarstellungen eines Dünnschicht-Leuchtdiodenchips in vier unterschiedlichen Verfahrensstadien.

Im Ausführungsbeispiel sind gleiche oder gleichwirkende Bestandteile jeweils gleich bezeichnet und mit den gleichen Bezugssymbolen versehen. Die dargestellten Schichtdicken sind nicht als maßstabsgerecht anzusehen. Sie sind vielmehr zum besseren Verständnis übertrieben dick und nicht mit den tatsächlichen Dickenverhältnissen zueinander dargestellt.

Bei dem Ausführungsbeispiel wird ein Dünnschicht-Leuchtdiodenchip 5 mit einer auf einem Trägerelement 2 angeordneten Epitaxieschichtenfolge 6, die eine elektromagnetische Strahlung erzeugende aktive Zone 8 aufweist, und ei-

ner an einer zu dem Trägerelement 2 hin gewandten Hauptfläche der Epitaxieschichtenfolge 6 angeordneten reflektierenden Schicht 3, die zumindest einen Teil der in der Epitaxieschichtenfolge 6 erzeugten elektromagnetischen Strahlung in 5 diese zurückreflektiert, bereitgestellt (vgl. Fig. 1a). Es sei angemerkt, daß der Einfachheit halber vorliegend auf einen einzelnen Dünnschicht-Leuchtdiodenchip 5 Bezug genommen wird. In einer Chip-Massenfertigung werden die Dünnschicht-Leuchtdiodenchips in der Regel in noch nicht vereinzeltem Zustand, das heißt im Waferverbund mit einer Vielzahl von prinzipiell gleichartigen Dünnschicht-Leuchtdiodenchips bereitgestellt und weiterprozessiert und erst in einem späteren Stadium zu voneinander getrennten Dünnschicht-Leuchtdiodenchips vereinzelt.

15 Auf einer vom Trägerelement 2 abgewandten Strahlungsauskoppelfläche 7 der Epitaxieschichtenfolge 6 wird nachfolgend ein Spin-on-Glas beispielsweise durch Schleuderbeschichten aufgebracht (vgl. Fig. 1b).

20 Rauhigkeiten auf der Strahlungsauskoppelfläche 7 der Epitaxieschichtenfolge 6, die unerwünschterweise produktionsbedingt oder gezielt zur Homogenisierung einer aus der Epitaxieschichtenfolge auszukoppelnden Strahlung eingebracht sein 25 können, werden durch ein Spin-on-Glas weitgehend planarisiert, das heißt durch Auffüllen von Vertiefungen geglättet.

Durch Grautonlithographie (grey-scale lithography) wird die 30 Schicht 1 aus Spin-on-Glas anschließend strukturiert (vgl. Fig. 1c, d).

Außer Spin-on-Glas lassen sich auch weitere Glasmaterialien oder andere für eine in der Epitaxieschichtenfolge 6 erzeugte Strahlung transparente Materialien mit der Grautonlithographie strukturieren. Spin-on-Glas ist jedoch besonders gut für 35 dieses Verfahren geeignet.

Es wird eine Struktur mit nebeneinanderliegenden, sich in Richtung von der Strahlungsauskoppelfläche 7 der Epitaxieschichtenfolge 6 weg verjüngenden Vorsprüngen 5 hergestellt, mit einem lateralen Rastermaß unterhalb einer Wellenlänge einer in der Epitaxieschichtenfolge 6 erzeugten elektromagnetischen Strahlung. Die Höhe der Vorsprünge in Richtung von der Auskoppelfläche weg ist geringer als eine Wellenlänge einer aus der Epitaxieschichtenfolge 6 emittierten elektromagnetischen Strahlung, bevorzugt in etwa gleich dem Rastermaß.

10

Aufgrund des geringen Rastermaßes werden die Vorsprünge 5 für in der Epitaxieschichtenfolge 6 erzeugte elektromagnetische Strahlung optisch nicht aufgelöst; für die Strahlung existieren sozusagen keine einzelnen Hindernisse in Form der Vorsprünge 5. Vielmehr „sieht“ die aus der Epitaxieschichtenfolge 6 in die strukturierte Spin-on-Glas-Schicht 1 eingekoppelte elektromagnetische Strahlung einen sanften Übergang des Brechungsindexes vom unstrukturierten Bereich der strukturierten Spin-on-Glas-Schicht 1 mit dem Brechungsindex des Spin-on-Glas-Materials an sich zu dem Brechungsindex des an die strukturierte Spin-on-Glas-Schicht 1 auf ihrer von der Epitaxieschichtenfolge 6 abgewandten Seite angrenzenden Mediums (hier Luft) hin. Das Material der strukturierten Spin-on-Glas-Schicht 1 wird nach derzeitigem Verständnis in Richtung von der Epitaxieschichtenfolge 6 weg durch das umgebende Medium immer mehr „verdünnt“ und weist an den am weitesten von der Epitaxieschichtenfolge entfernten Bereichen zumindest annähernd den Brechungsindex des umgebenden Mediums auf. Der Anteil der am System Epitaxieschichtenfolge 6/ strukturierten Spin-on-Glas-Schicht 1/umgebendes Medium in die Epitaxieschichtenfolge 6 zurückreflektierten elektromagnetischen Strahlung ist gegenüber dem System Epitaxieschichtenfolge 6/umgebendes Medium deutlich verringert.

35 Eine an die Strahlungsauskoppelfläche 7 angrenzende elektrische Kontaktschicht 9 wird während oder nach dem Herstellungsprozess der strukturierten Spin-on-Glas-Schicht 1 frei-

10

gelegt bzw. nicht mit Material der strukturierten Spin-on-Glas-Schicht 1 bedeckt.

Die Erfindung ist selbstverständlich nicht auf die konkret
5 beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt, sondern er-
streckt sich auf sämtliche Verfahren und Vorrichtungen, die
die prinzipiellen Merkmale der Erfindung aufweisen. Insbeson-
dere ist die Erfindung für Dünnschicht-Leuchtdiodenchips un-
terschiedlicher Geometrie, unterschiedlichen Aufbaus und un-
10 terschiedlicher Halbleitermaterialsystems einsetzbar.

Selbstverständlich lässt sich eine strukturierte Spin-on-Glas-
Schicht 1 gemäß der Erfindung auch bei mit Kunststoff vergos-
senen Leuchtdiodenchips einsetzen. Insbesondere lässt sich an
15 Grenzflächen Halbleiter/Kunststoffverguß eine erfindungsgemä-
ße strukturierte Glasschicht insbesondere eine strukturierte
Spin-on-Glas-Schicht, auf Halbleitermaterial aufbringen.

Außerdem können erfindungsgemäße strukturierte Schichten zur
20 Verringerung von Fresnelverlusten an einer Reihe von opti-
schen Systemen wie Mikrooptiken an Grenzflächen Feststoff/
Luft aufgebracht werden.

Patentansprüche

1. Dünnschicht-Leuchtdiodenchip (5) mit einer auf einem Trägerelement (2) angeordneten Epitaxieschichtenfolge (6), die eine eine elektromagnetische Strahlung erzeugende aktive Zone (8) aufweist, und einer an einer zu dem Trägerelement (2) hin gewandten Hauptfläche der Epitaxieschichtenfolge (6) angeordneten reflektierenden Schicht (3), die zumindest einen Teil der in der Epitaxieschichtenfolge (6) erzeugten elektromagnetischen Strahlung in diese zurückreflektiert,
dadurch gekennzeichnet, daß
auf einer vom Trägerelement (2) abgewandten Strahlungsauskoppelfläche (7) der Epitaxieschichtenfolge (6) eine strukturierte Schicht (1) angeordnet ist, die ein Glasmaterial enthält und eine Strukturierung aufweist, die nebeneinanderliegende, sich in Richtung von der Strahlungsauskoppelfläche (7) weg verjüngende Vorsprünge (5) umfaßt, die ein laterales Rastermaß kleiner als eine Wellenlänge einer aus der Epitaxieschichtenfolge (6) emittierten elektromagnetischen Strahlung aufweisen.
2. Dünnschicht-Leuchtdiodenchip nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, daß
der Brechungsindex der Schicht (1) zwischen dem Brechungsindex eines Materials einer an die Strahlungsauskoppelfläche (7) angrenzenden Seite der Epitaxieschichtenfolge (6) und dem Brechungsindex eines für eine Umgebung des Dünnschicht-Leuchtdiodenchip (5) vorgesehenen Mediums liegt.
3. Dünnschicht-Leuchtdiodenchip nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Strukturierung weitgehend periodisch angeordnete Vorsprünge (5) aufweist.

4. Dünnschicht-Leuchtdiodenchip nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet, daß
5 die Vorsprünge (5) von außen gesehen konvex gekrümmmt sind.
5. Dünnschicht-Leuchtdiodenchip nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, daß
10 das Glasmaterial ein Spin-on-Glas ist.
6. Dünnschicht-Leuchtdiodenchip nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet, daß
15 die Höhe der Vorsprünge (5) in Richtung von der Strahlungsauskoppelfläche (7) weg geringer ist als eine Wellenlänge einer aus der Epitaxieschichtenfolge (6) emittierten elektromagnetischen Strahlung.
- 20 7. Verfahren zur Herstellung eines Dünnschicht-Leuchtdiodenchips (5) mit einer auf einem Trägerelement (2) angeordneten Epitaxieschichtenfolge (6), die eine elektromagnetische Strahlung erzeugende aktive Zone (8) aufweist, und einer an einer zu dem Trägerelement (2) hin gewandten
25 Hauptfläche der Epitaxieschichtenfolge (6) angeordneten reflektierenden Schicht (3), die zumindest einen Teil der in der Epitaxieschichtenfolge (6) erzeugten elektromagnetischen Strahlung in diese zurückreflektiert,
dadurch gekennzeichnet, daß
30 die auf dem Trägerelement (2) angeordnete Epitaxieschichtenfolge (6) bereitgestellt wird, auf einer dem Trägerelement (2) abgewandten Strahlungsauskoppelfläche (7) der Epitaxieschichtenfolge (6) eine Schicht (1) aufgebracht wird, die ein Glasmaterial enthält, und auf mindestens einem Teil der
35 Schicht (1) eine Strukturierung eingebracht wird, die nebeneinanderliegende, sich in Richtung von der Strahlungsauskoppelfläche weg verjüngende Vorsprünge (5) umfaßt, die ein la-

terales Rastermaß kleiner als eine Wellenlänge einer aus der Epitaxieschichtenfolge (6) emittierten elektromagnetischen Strahlung aufweisen.

- 5 8. Verfahren nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Schicht (1) dadurch hergestellt wird, daß ein noch flüs-
siges Spin-on-Glas auf der Strahlungsauskoppelfläche (7) auf-
gebracht und thermisch derart behandelt wird, daß sich das
10 Spin-on-Glas verfestigt und verdichtet.
9. Verfahren nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet, daß
das Spin-on-Glas durch Aufschleudern und/oder Drucken aufge-
15 bracht wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Strukturierung in die Schicht (1) durch Grauton-
20 Lithographie (6) eingebracht wird.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 10,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Strukturierung derart eingebracht wird, daß sie perio-
25 disch angeordnete Vorsprünge (5) aufweist.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 11,
dadurch gekennzeichnet, daß
der Brechungsindex der Schicht (1) zwischen dem Brechungsin-
30 dex eines Materials einer der Strahlungsauskoppelfläche (7)
zugewandten Seite der Epitaxieschichtenfolge (6) und dem Bre-
chungsindex eines für eine Umgebung des Dünnschicht-
Leuchtdiodenchips (5) vorgesehenen Mediums liegt.
- 35 13. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 12,
dadurch gekennzeichnet, daß

14

die Strukturierung derart eingebracht wird, daß die Höhe der Vorsprünge (5) in Richtung von der Strahlungsauskoppelfläche (7) weg geringer ist als eine Wellenlänge einer aus der Epitaxieschichtenfolge (6) emittierten elektromagnetischen

5 Strahlung.

1/1

FIG 1A

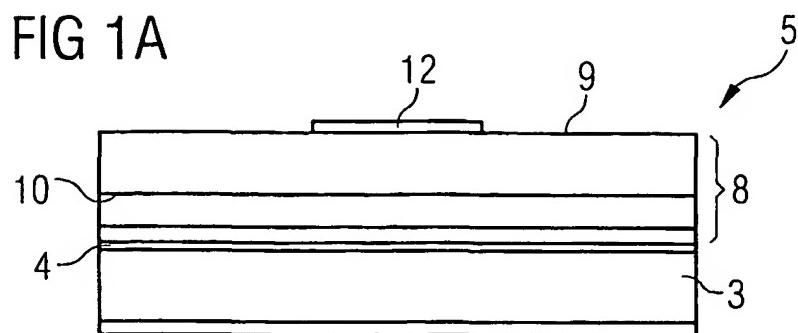


FIG 1B

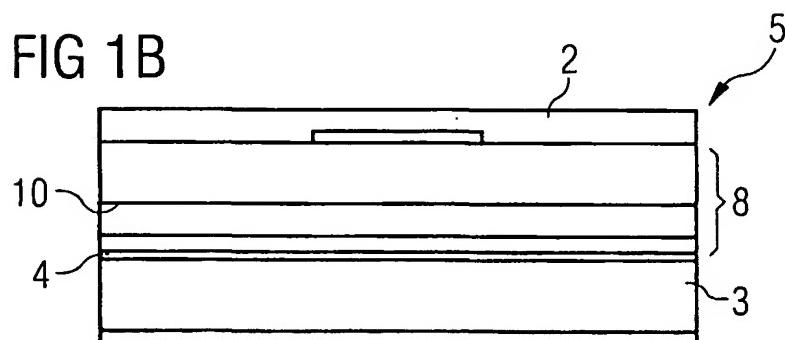


FIG 1C

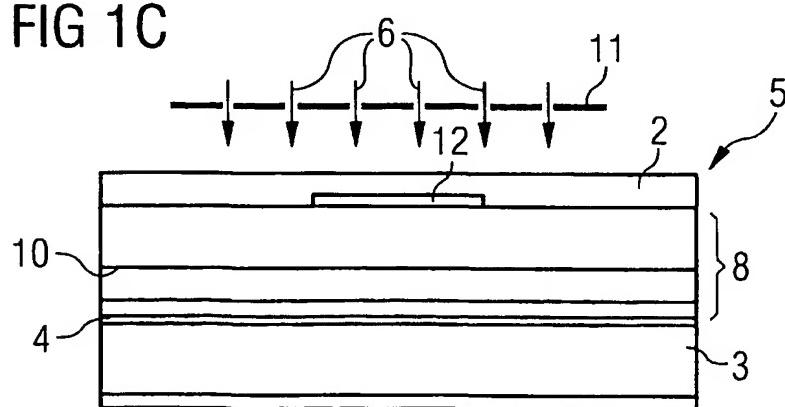


FIG 1D

